

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 月 3 1 日
Date of Application:

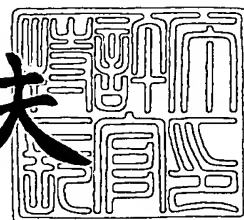
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 2 3 4 3 2
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 2 3 4 3 2]

出 願 人 信 越 半 導 体 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

2 0 0 3 年 9 月 1 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 6 0 5 4

【書類名】 特許願

【整理番号】 AX0240752S

【提出日】 平成15年 1月31日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【発明者】

【住所又は居所】 群馬県安中市磯部二丁目 1 3 番 1 号 信越半導体株式会社
社 半導体磯部研究所内

【氏名】 萩本 和徳

【特許出願人】

【識別番号】 000190149

【氏名又は名称】 信越半導体株式会社

【代理人】

【識別番号】 100095751

【弁理士】

【氏名又は名称】 菅原 正倫

【電話番号】 052-212-1301

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003388

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9901665

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 発光素子及び発光素子の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 発光層部を有した化合物半導体層の第一主表面を光取出面とし、該化合物半導体層の第二主表面側に、前記発光層部からの光を前記光取出面側に反射させる反射面を有した主金属層を介して素子基板が結合された発光素子であって、

前記素子基板と前記主金属層との間に、導電性材料にて構成され、かつ、前記素子基板に由来した成分の前記主金属層への拡散を阻止する拡散阻止層が介挿されてなることを特徴とする発光素子。

【請求項2】 前記拡散阻止層と前記素子基板との間に、該素子基板と前記拡散阻止層との接合抵抗を低減するための基板側接合金属層が介挿されてなる請求項1記載の発光素子。

【請求項3】 前記主金属層の少なくとも前記拡散阻止層との界面を含む部分がAuを主成分とするAu系層とされてなり、前記素子基板がSi基板であることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の発光素子。

【請求項4】 前記拡散阻止層がTi及びNiのいずれかを主成分とする拡散阻止用金属層であることを特徴とする請求項3記載の発光素子。

【請求項5】 前記拡散阻止用金属層の厚さが1nm以上10 μ m以下であることを特徴とする請求項4記載の発光素子。

【請求項6】 前記素子基板がn型のSi基板であり、かつ、前記拡散阻止層と前記Si基板との間に、該Si基板と前記拡散阻止層との接合抵抗を低減するための、AuSb合金又はAuSn合金よりなる基板側接合金属層が介挿されてなることを特徴とする請求項3ないし請求項5のいずれか1項に記載の発光素子。

【請求項7】 前記Au系層が前記反射面を形成してなることを特徴とする請求項3ないし請求項6のいずれか1項に記載の発光素子。

【請求項8】 前記Au系層と前記化合物半導体層との間に介挿されたAgを主成分とするAg系層が前記反射面を形成してなることを特徴とする請求項3

ないし請求項 6 のいずれか 1 項に記載の発光素子。

【請求項 9】 発光層部を有した化合物半導体層の第一主表面を光取出面とし、該化合物半導体層の第二主表面側に、前記発光層部からの光を前記光取出面側に反射させる反射面を有した主金属層を介して素子基板が結合された発光素子の製造方法であって、

素子基板の化合物半導体層を結合する側の主表面に、導電性材料にて構成され、かつ、前記素子基板に由来した成分の前記主金属層への拡散を阻止する拡散阻止層を形成し、

前記化合物半導体層の前記第二主表面、及び前記素子基板に形成された前記拡散阻止層の主表面の少なくともいずれかに前記主金属層を形成し、

その後、前記拡散阻止層及び前記主金属層を介してそれら素子基板と化合物半導体層とを貼り合わせることを特徴とする発光素子の製造方法。

【請求項 10】 前記素子基板と前記化合物半導体層とを、前記拡散阻止層及び前記主金属層を介して重ね合わせ、その状態で貼り合わせ熱処理することにより、前記素子基板と前記化合物半導体層とを貼り合わせることを特徴とする請求項 9 記載の発光素子の製造方法。

【請求項 11】 前記素子基板の前記主表面上に、該素子基板と前記拡散阻止層との接合抵抗を低減するための基板側接合金属層を形成し、該基板側接合金属層上に前記拡散阻止層を形成することを特徴とする請求項 9 又は 10 に記載の発光素子の製造方法。

【請求項 12】 前記主金属層の少なくとも前記拡散阻止層との界面を含む部分を、Au を主成分とする Au 系層とし、前記素子基板として Si 基板を用いることを特徴とする請求項 9 ないし請求項 11 のいずれか 1 項に記載の発光素子の製造方法。

【請求項 13】 前記拡散阻止層を Ti 及び Ni のいずれかを主成分とする拡散阻止用金属層として形成することを特徴とする請求項 12 記載の発光素子の製造方法。

【請求項 14】 前記拡散阻止用金属層の厚さを 1 nm 以上 10 μ m 以下とすることを特徴とする請求項 13 記載の発光素子の製造方法。

【請求項 1 5】 前記素子基板が n 型の S i 基板であり、かつ、前記拡散阻止層と前記 S i 基板との間に、該 S i 基板と前記拡散阻止層との接合抵抗を低減するための、A u S b 合金又は A u S n 合金よりなる基板側接合金属層が介挿されてなることを特徴とする請求項 1 2 ないし請求項 1 4 のいずれか 1 項に記載の発光素子の製造方法。

【請求項 1 6】 前記化合物半導体層の光取出面になるのと反対側の主表面を貼り合わせ側主表面として、該貼り合わせ側主表面に、A u を主成分とした、前記主金属層となるべき第一 A u 系層を配置し、

前記素子基板の、前記発光層部側に位置することが予定された主表面を貼り合わせ側主表面として、該貼り合わせ側主表面に前記拡散阻止層を介して、A u を主成分とした、前記主金属層となるべき第二 A u 系層を配置し、

それら第一 A u 系層と第二 A u 系層とを密着させて貼り合わせることを特徴とする請求項 9 ないし請求項 1 5 のいずれか 1 項に記載の発光素子の製造方法。

【請求項 1 7】 前記素子基板として S i 基板を用いることを特徴とする請求項 1 6 記載の発光素子の製造方法。

【請求項 1 8】 前記反射面を前記第一 A u 系層により形成することを特徴とする請求項 1 6 又は請求項 1 7 に記載の発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

この発明は発光素子及びその製造方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

【特許文献 1】

特開平 7 - 6 6 4 5 5 号公報

【特許文献 2】

特開 2 0 0 1 - 3 3 9 1 0 0 号公報

【0 0 0 3】

発光ダイオードや半導体レーザー等の発光素子に使用される材料及び素子構造

は、長年にわたる進歩の結果、素子内部における光電変換効率が理論上の限界に次第に近づきつつある。従って、一層高輝度の素子を得ようとした場合、素子からの光取出し効率が極めて重要となる。例えば、AlGaInP 混晶により発光層部が形成された発光素子は、薄い AlGaInP（あるいは GaInP）活性層を、それよりもバンドギャップの大きい n 型 AlGaInP クラッド層と p 型 AlGaInP クラッド層とによりサンドイッチ状に挟んだダブルヘテロ構造を採用することにより、高輝度の素子を実現できる。このような AlGaInP ダブルヘテロ構造は、AlGaInP 混晶が GaAs と格子整合することを利用して、GaAs 単結晶基板上に AlGaInP 混晶からなる各層をエピタキシャル成長させることにより形成できる。そして、これを発光素子として利用する際には、通常、GaAs 単結晶基板をそのまま素子基板として利用することも多い。しかしながら、発光層部を構成する AlGaInP 混晶は GaAs よりもバンドギャップが大きいので、発光した光が GaAs 基板に吸収されて十分な光取出し効率が得られにくい難点がある。この問題を解決するために、半導体多層膜からなる反射層を基板と発光素子との間に挿入する方法（例えば特許文献 1）も提案されているが、積層された半導体層の屈折率の違いを利用するため、限られた角度で入射した光しか反射されず、光取出し効率の大幅な向上は原理的に期待できない。

【0004】

そこで、特許文献 2 をはじめとする種々の公報には、成長用の GaAs 基板を剥離する一方、補強用の素子基板（導電性を有するもの）を、反射用の Au 層を介して剥離面に貼り合わせる技術が開示されている。この Au 層は反射率が高く、また、反射率の入射角依存性が小さい利点がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記の方法では、反射層をなす Au 層を発光層部に貼り合わせる際に、剥離等や反射率の低下等が生じやすかった。特に、貼り合せ熱処理の際に、素子基板（特に Si 基板）と Au 層との冶金的な反応が生じやすい場合、上記の問題は一層顕著となる。

【0006】

本発明の課題は、金属層を介して発光層部と素子基板とを貼り合せた構造を有する発光素子において、貼り合せ熱処理時における素子基板と金属層との冶金的な反応を効果的に防止でき、ひいては、該反応による貼り合せ強度や反射率の低下などによる不良を生じにくい構造の発光素子と、その製造方法とを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段及び作用・効果】

上記の課題を解決するために、本発明の発光素子は、

発光層部を有した化合物半導体層の第一主表面を光取出面とし、該化合物半導体層の第二主表面側に、発光層部からの光を光取出面側に反射させる反射面を有した主金属層を介して素子基板が結合された発光素子であって、

素子基板と主金属層との間に、導電性材料にて構成され、かつ、素子基板に由来した成分の主金属層への拡散を阻止する拡散阻止層が介挿されてなることを特徴とする。なお、本明細書において「主金属層」とは、化合物半導体層と拡散阻止層との間に位置する金属層であって、反射面を形成するととともに、化合物半導体層と拡散阻止層とを結合する役割を担う金属層のことをいう。従って、拡散阻止層が金属層として構成される場合、該金属層は主金属層には属さないものとする。また、後述の発光層部側接合金属層も主金属層には属さないものとする。

【0008】

上記本発明の発光素子の構造によると、主金属層を介して素子基板と化合物半導体層とを貼り合わせる際に、素子基板から主金属層へ向かおうとする成分拡散が拡散阻止層によりブロックされ、ひいては素子基板成分との反応（例えば、共晶などの冶金的な反応）による主金属層の変質を効果的に抑制することができる。その結果、主金属層が形成する反射面の反射率低下や、主金属層と化合物半導体層との密着強度低下などといった不具合が効果的に抑制され、また、これら不具合による発光素子の製品歩留まりの低下も生じにくい。

【0009】

拡散阻止層と素子基板との間には、該素子基板と拡散阻止層との接合抵抗を低

減するための基板側接合金属層を介挿することができる。これにより、導電性材料からなる拡散阻止層と素子基板との接触抵抗が低減され、拡散阻止層を新たに挿入しているにもかかわらず、発光素子の直列抵抗ひいては順方向電圧の過度の上昇を効果的に抑制することができる。

【0010】

上記本発明は、主金属層の少なくとも拡散阻止層との界面を含む部分がAuを主成分とするAu系層とされてなり、素子基板がSi基板である場合に適用されたとき、特に効果が大きい。すなわち、Si基板はドーピングにより発光素子として十分な導電性を容易に確保することができ、しかも安価である。しかし、SiとAuとは比較的低温で共晶反応を起しやすく（Au-Si二元系の共晶温度は363℃であるが、それ以外の合金成分が介在するとさらに共晶温度が低下することもありえる）、貼り合せ熱処理時における基板側のSiのAu系層側への拡散も進みやすい。その結果、主金属層中のAu系層は素子基板をなすSiと共晶反応して主金属層の反射面が乱れ、反射率の低下を極めて招きやすい。しかしながら、本発明のごとく、Au系層とSi基板との間に上記拡散阻止層を設けておくと、Au系層へのSiの拡散が抑制され、主金属層の反射面の反射率低下を効果的に防止することができる。なお、本明細書において「主成分」とは、最も質量含有率の高い成分のことをいう。

【0011】

Au系層とSi基板とを用いる場合、拡散阻止層は、具体的には、Ti及びNiのいずれかを主成分とする拡散阻止用金属層とすることができる。TiないしNiを主成分とする金属は、Au系層へのSiの拡散抑制効果に特に優れているので、本発明に好適に採用できる。また、該拡散阻止用金属層の厚さは、1nm以上10μm以下とすることが望ましい。厚さが1nm未満では拡散防止効果が十分でなくなり、10μmを超えると効果が飽和して、製造コストの無駄な高騰につながる。なお、拡散阻止用金属層は具体的には工業用の純Tiないし純Niを採用することもできるが、Au系層へのSiの拡散防止効果が損なわれない範囲にて、副成分を含有させることが可能である。例えば、適量のPd添加は、TiないしNiを主成分とする金属の耐食性を向上させる効果がある。また、Ti

とNiとの合金を用いることもできる。

【0012】

素子基板がn型のSi基板である場合、拡散阻止層とSi基板との間には、該Si基板と拡散阻止層との接合抵抗を低減するために、AuSb合金又はAuSn合金よりなる基板側接合金属層を介挿することが好ましい。この場合、基板側接合金属層とSi基板との合金化熱処理を例えば100℃以上500℃以下にて行なうことにより、接触抵抗の低減効果が高められる。

【0013】

本発明の発光素子においては、上記のAu系層により反射面を形成することができる。Au系層は化学的に安定であり、酸化等による反射率劣化を生じにくいので、反射面の形成材質として好適である。特にSi基板を使用する場合は、反射面をなす第一Au系層のAuと、Si基板をなすSiとの共晶反応が進行すると、反射率の低下が特に生じやすいが、本発明のように拡散阻止層をSi基板とAu系層との間に介挿することにより、このような不具合が極めて効果的に抑制される結果、良好な反射率の反射面をAu系層により問題なく形成できる。Au系層により反射面を形成する場合、Au系層と化合物半導体層との間に、Auを主成分とする発光層部側接合金属層を、Au系層の主表面上に分散する形で配置することができる。Au系層は、発光層部への通電経路の一部をなす。しかし、Au系層を化合物半導体よりなる発光層部に直接接合すると、接触抵抗が高くなり、直列抵抗が増加して発光効率が低下する場合がある。Au系層を、Au系接合金属層を介して発光層部に接合することにより接触抵抗の低減を図ることができる。ただし、Au系接合金属層は、コンタクト確保のために必要な合金成分を比較的多量に配合する必要がある、反射率が若干劣る。そこで、発光層部側接合金属層をAu系層の主表面上に分散形成しておけば、発光層部側接合金属層の非形成領域ではAu系層による高い反射率を確保できる。

【0014】

発光層部側接合金属層としては、これと接する化合物半導体層をn型のIII-V族化合物半導体（例えば、前述の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ （ただし、 $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ ））にて構成する場合、AuGeNi接合金属層

を採用することにより接触抵抗の低減効果が特に高くなる。この場合、該化合物半導体層の貼り合わせ側主表面にAuGeNi接合金属層を形成し、該AuGeNi接合金属層を覆うようにAu系層を形成することができる。

【0015】

なお、光取出効果を十分に高めるために、Au系層に対する発光層部側接合金属層の形成面積率（Au系層の全面積にて発光層部側接合金属層の形成面積を除いた値である）は1%以上25%以下とすることが望ましい。発光層部側接合金属層の形成面積率が1%未満では接触抵抗の低減効果が十分でなくなり、25%を超えると反射強度が低下することにつながる。また、Au系層は、発光層部側接合金属層よりもAu含有率を高く設定しておくことで、発光層部側接合金属層の非形成領域において、Au系層の反射率を一層高めることができる。

【0016】

一方、本発明の発光素子においては、Au系層と化合物半導体層との間に介挿されたAgを主成分とするAg系層により反射面を形成してもよい。Ag系層はAu系層と比べて安価であり、しかも可視光の略全波長域（350nm以上700nm）に渡って良好な反射率を示すので、反射率の波長依存性が小さい。その結果、素子の発光波長によらず高い光取出効率を実現できる。またAlのような金属と比較すれば、酸化皮膜等の形成による反射率低下も生じにくい。

【0017】

図6は、鏡面研磨した種々の金属表面における反射率を示すものであり、プロット点「■」はAgの反射率を、プロット点「△」はAuの反射率を、プロット点「◆」はAlの反射率（比較例）である。また、プロット点「×」はAgPdCu合金である。Agの反射率は、350nm以上700nm以下（また、それより長波長側の赤外域）、特に、380nm以上700nm以下にて、可視光の反射率が特に良好である。

【0018】

他方、Auは有色金属であり、図6に示す反射率からも明らかなように、波長670nm以下の可視光域に強い吸収があり（特に650nm以下：600nm以下ではさらに吸収が大きい）、発光層部のピーク発光波長が670nm以下に

存在する場合に反射率低下が著しくなる。その結果、発光強度が低下しやすいほか、取り出される光のスペクトルが、吸収により本来の発光スペクトルとは異なるものとなり、発光色調の変化も招きやすくなる。しかしながら、A g は、波長 670 nm 以下の可視光域においても反射率は極めて良好である。すなわち、発光層部のピーク発光波長が 670 nm 以下（特に 650 nm 以下、さらには 600 nm 以下）である場合、A u 系金属よりもはるかに高い光取出し効率を実現できる。

【0019】

他方、図 6 に示すように、A l の反射率においても吸収ピークは生じないが、酸化皮膜形成による反射率低下があるため、可視光域での反射率は多少低い値（例えば 85～92%）に留まっている。しかし、A g 系金属は酸化皮膜が形成されにくいいため、A l よりも高い反射率を可視光域に確保できる。具体的には、波長 400 nm 以上（特に 450 nm 以上）において A l よりも良好な反射率を示していることがわかる。

【0020】

なお、図 6 の A l の反射率は、機械研磨と化学研磨とにより、表面酸化皮膜の形成を抑制した状態で鏡面化した A l 表面について測定したものであり、実際には酸化皮膜が厚く形成されることにより、図 6 に示すデータよりもさらに反射率が低下する可能性がある。A g の場合、図 6 においては、350 nm 以上 400 nm 以下の短波長域では A l より反射率が劣っているが、酸化皮膜が A l よりもはるかに形成されにくい。従って、実際に発光素子上に反射金属層として形成した場合は、A g 系層の採用により、この波長域においても A l を上回る反射率を達成することが可能である。また、この波長域でも、A g の反射率は A u と比較すれば高い。

【0021】

以上を総合すれば、A g 系層は、350 nm 以上 670 nm 以下（望ましくは 400 nm 以上 670 nm 以下、さらに望ましくは 450 nm 以上 600 nm 以下）の波長域にピーク発光波長を有する発光層部の場合、光取出効率の改善効果が A l や A u に勝って特に顕著になるといえる。上記のようなピーク発光波長を

有する発光層部は、例えば $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ (ただし、 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$) 又は $In_xGa_yAl_{1-x-y}N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $x + y \leq 1$) により、第一導電型クラッド層、活性層及び第二導電型クラッド層がこの順序にて積層されたダブルヘテロ構造を有するものとして構成することができる。

【0022】

Ag系層を反射面形成に用いる場合は、Ag系層と化合物半導体層との間に、発光層部側接合金属層として、Agを主成分とするAg系接合金属層をAg系層の主表面上に分散する形で配置することができる。Ag系接合金属層は、これと接する化合物半導体層をn型のIII-V族化合物半導体(例えば、前述の $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ (ただし、 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$))にて構成する場合、AgGeNi接合金属層を採用することにより接触抵抗の低減効果が特に高くなる。Ag系層に対する発光層部側Ag系接合金属層の形成面積率は、前述のAu系接合金属層と同様、1%以上25%以下とすることが望ましい。

【0023】

次に、本発明の発光素子の製造方法は、

発光層部を有した化合物半導体層の第一主表面を光取出面とし、該化合物半導体層の第二主表面側に、発光層部からの光を光取出面側に反射させる反射面を有した主金属層を介して素子基板が結合された発光素子の製造方法であって、

素子基板の化合物半導体層を結合する側の主表面に、導電性材料にて構成され、かつ、素子基板に由来した成分の主金属層への拡散を阻止する拡散阻止層を形成し、

化合物半導体層の第二主表面、及び素子基板に形成された拡散阻止層の主表面の少なくともいずれかに主金属層を形成し、

その後、拡散阻止層及び主金属層を介してそれら素子基板と化合物半導体層とを貼り合わせることを特徴とする。

【0024】

該方法によると、主金属層を介して素子基板と化合物半導体層とを貼り合わせる際に、素子基板から主金属層へ向かおうとする成分の拡散が拡散阻止層によりブ

ロックされ、ひいては素子基板成分との反応による主金属層の変質を効果的に抑制することができる。その結果、主金属層が形成する反射面の反射率低下や、主金属層と化合物半導体層との密着強度低下などといった不具合が効果的に抑制され、また、これら不具合による発光素子の製品歩留まりの低下も生じにくい。この場合、素子基板と化合物半導体層とを、拡散阻止層及び主金属層を介して重ね合わせ、その状態で貼り合わせ熱処理することにより、素子基板と化合物半導体層とを貼り合わせることができる。熱処理により前記成分の拡散がより進行しやすいにもかかわらず、拡散阻止層の介在により、該拡散による上記不具合を効果的に抑制することができる。

【0025】

本発明の発光素子の製造方法には、以下の要件を任意に付加することができる。①素子基板の主表面上に、該素子基板と拡散阻止層との接合抵抗を低減するための基板側接合金属層を形成し、該基板側接合金属層上に拡散阻止層を形成する。

②主金属層の少なくとも拡散阻止層との界面を含む部分をAuを主成分とするAu系層とし、素子基板としてSi基板を用いる。

③拡散阻止層をTi及びNiのいずれかを主成分とする拡散阻止用金属層として形成する。

④拡散阻止用金属層の厚さを1nm以上10 μ m以下とする。

⑤素子基板がn型のSi基板であり、かつ、拡散阻止層とSi基板との間に、該Si基板と拡散阻止層との接合抵抗を低減するための、AuSb合金又はAuSn合金よりなる基板側接合金属層を介挿する。

これら要件を付加することによる作用・効果については、本発明の発光素子の内容を開示する際に既に説明済みであるので、ここでは繰り返さない。

【0026】

次に、本発明の発光素子の製造方法においては、

発光層部を有した化合物半導体層の光取出面になるのと反対側の主表面を貼り合わせ側主表面として、該貼り合わせ側主表面に、Auを主成分とした、主金属層となるべき第一Au系層を配置し、

素子基板の、発光層部側に位置することが予定された主表面を貼り合わせ側主表面として、該貼り合わせ側主表面に、前述の拡散阻止層を介して、Auを主成分とした、主金属層となるべき第二Au系層を配置し、

それら第一Au系層と第二Au系層とを密着させて貼り合わせることができる。

【0027】

上記本発明の方法によると、化合物半導体層側と素子基板側に第一及び第二の各Au系層を振り分けて形成し、これらを相互に密着させて貼り合わせる。Au系層同士は比較的低温でも容易に一体化するので、貼り合せの熱処理温度が低くとも十分な貼り合せ強度が得られ、かつ、Au系層を含む金属反射層の反射面も良好な状態のものを容易に形成することができる。

【0028】

この場合、第一Au系層と第二Au系層とをいずれもAu含有率が95質量%以上のものとすれば、貼り合せ熱処理を80℃以上に行なうことができる。第一Au系層と第二Au系層のAu含有率を95質量%以上とすることで、第一Au系層と第二Au系層とを貼り合わせるための貼り合せ熱処理の設定範囲の下限を80℃程度にまで低温化することが可能となる。これにより、素子基板と化合物半導体層との貼り合わせが一層容易となり、かつ貼り合わせ強度もより高めることができる。Au系層（ひいては、第一Au系層と第二Au系層）の材質として、より具体的には純Au（ただし、1質量%以内であれば不可避不純物を含有してもよい）を採用することにより、上記の効果は一層高められる。なお、貼り合せ熱処理は、より望ましくは100℃以上に設定するのがよい。

【0029】

このようにAu系層を用いつつも、上記の方法により貼り合せ熱処理の温度を低下させることができる効果は、素子基板としてSi基板を用いる場合に、特に顕著となる。すなわち、Si基板はAuとの共晶温度が低いが、Au系層同士の貼り合わせであれば、上記共晶温度よりも十分低い温度で貼り合わせ熱処理を行なうことが可能であり、良好な反射率と貼り合わせ強度とを確保することができる。また、貼り合せ熱処理温度の低下は、拡散阻止層が配置されていることとも

相俟って、Au系層（直接的には第二Au系層）へのSiの拡散を一層効果的に抑制でき、最終的に得られる主金属層が形成する反射面を、良好な反射率を有するものとして形成できる。この効果は、反射面が第一Au系層にて形成されるとき、すなわち反射面自体がAu系層として構成されるとき特に顕著である。Si基板を使用する場合、第一Au系層と第二Au系層とが、いずれもAu含有率が95質量%以上のものであれば、貼り合わせ熱処理の温度は360℃以下にて設定することが望ましい。貼り合わせ熱処理の温度が360℃を超えると、化合物半導体層とAuとの合金化が進んで、金属層の反射率が大幅に損なわれることにつながる。

【0030】

素子基板としてSi基板を用いる場合、Si基板の貼り合わせ側主表面に基板側接合金属層を形成し、該基板側接合金属層を覆うように第二Au系層を形成し、かつ基板側接合金属層とSi基板との合金化熱処理を行なうことができる。n型のSi基板を用いる場合、基板側接合金属層は、AuSb合金あるいはAuSn合金にて構成できる。この場合、基板側接合金属層とSi基板との合金化熱処理を例えば100℃以上500℃以下にて行なうことにより、接触抵抗の低減効果が高められる。

【0031】

また、発光層部側接合金属層と接する化合物半導体層をn型のIII-V族化合物半導体（例えば、前述の $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ （ただし、 $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ ））にて構成する場合、前述のごとく、該発光層部側接合金属層はAuGeNi接合金属層を採用することが望ましい。この場合、該化合物半導体層の貼り合わせ側主表面にAuGeNi接合金属層を形成し、該AuGeNi接合金属層を覆うように前記の第一Au系層を形成することができる。AuGeNi接合金属層と化合物半導体層との合金化熱処理は、例えば350℃以上500℃以下にて行なうことにより、接触抵抗の低減効果が高められる。他方、Ag系層を反射面形成に用いる場合は、発光層部側接合金属層として、AgGeNi接合金属層を採用することができるが、AuGeNi接合金属層と化合物半導体層との合金化熱処理は、例えば350℃以上550℃以下にて行なうこと

により、接触抵抗の低減効果が高められる。

【0032】

なお、本発明において金属層の具体的な形成方法としては、真空蒸着やスパッタリングなどの気相成膜法のほか、無電解メッキあるいは電解メッキなどの電気化学的な成膜法を採用することもできる。

【0033】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を添付の図面を参照して説明する。

図1は、本発明の一実施形態である発光素子100を示す概念図である。発光素子100は、素子基板をなす導電性基板であるn型Si（シリコン）単結晶よりなるSi基板7の第一主表面上に主金属層10を介して発光層部24が貼り合わされた構造を有してなる。

【0034】

発光層部24は、ノンドープ $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ （ただし、 $0 \leq x \leq 0.55$ 、 $0.45 \leq y \leq 0.55$ ）混晶からなる活性層5を、第一導電型クラッド層、本実施形態ではp型 $(Al_zGa_{1-z})_yIn_{1-y}P$ （ただし $x < z \leq 1$ ）からなるp型クラッド層6と、前記第一導電型クラッド層とは異なる第二導電型クラッド層、本実施形態ではn型 $(Al_zGa_{1-z})_yIn_{1-y}P$ （ただし $x < z \leq 1$ ）からなるn型クラッド層4とにより挟んだ構造を有し、活性層5の組成に応じて、発光波長を、緑色から赤色領域（発光波長（ピーク発光波長）が550nm以上670nm以下）にて調整できる。発光素子100においては、金属電極9側にp型AlGaInPクラッド層6が配置されており、主金属層10側にn型AlGaInPクラッド層4が配置されている。従って、通電極性は金属電極9側が正である。なお、ここでいう「ノンドープ」とは、「ドーパントの積極添加を行わない」との意味であり、通常の製造工程上、不可避免的に混入するドーパント成分の含有（例えば $10^{13} \sim 10^{16} / \text{cm}^3$ 程度を上限とする）をも排除するものではない。

【0035】

また、発光層部24の基板7に面しているのと反対側の主表面上には、AlG

a A s よりなる電流拡散層 20 が形成され、その主表面の略中央に、発光層部 24 に発光駆動電圧を印加するための金属電極（例えば A u 電極）9 が、該主表面の一部を覆うように形成されている。電流拡散層 20 の主表面における、金属電極 9 の周囲の領域は、発光層部 24 からの光取出領域をなす。また、S i 単結晶基板 7 の裏面にはその全体を覆うように金属電極（裏面電極：例えば A u 電極である）15 が形成されている。金属電極 15 が A u 電極である場合、金属電極 15 と S i 単結晶基板 7 との間には基板側接合金属層として、A u S b 接合金属層 16 が介挿される。なお、A u S b 接合金属層 16 に代えて A u S n 接合金属層を基板側接合金属層として用いてもよい。

【0036】

S i 単結晶基板 7 は、S i 単結晶インゴットをスライス・研磨して製造されたものであり、その厚みは例えば 100 μ m 以上 500 μ m 以下である。そして、発光層部 24 に対し、主金属層 10 を挟んで貼り合わされている。主金属層 10 は全体が A u 系層として構成されている。

【0037】

発光層部 24 と主金属層 10 との間には、発光層部側接合金属層として A u G e N i 接合金属層 32（例えば G e : 15 質量%、N i : 10 質量%）が形成されており、素子の直列抵抗低減に貢献している。A u G e N i 接合金属層 32 は、主金属層 10 の主表面上に分散形成され、その形成面積率は 1 % 以上 25 % 以下である。また、S i 単結晶基板 7 と主金属層 10 との間には、S i 単結晶基板 7 の主表面と接する形で、基板側接合金属層としての A u S b 接合金属層 31（例えば S b : 5 質量%）が形成されている。なお、A u S b 接合金属層 31 に代えて A u S n 接合金属層を用いてもよい。

【0038】

そして、該 A u S b 接合金属層 31 の全面が、拡散阻止層としてのチタン層 10 d により覆われている。該 T i 層の厚さは 1 n m 以上 10 μ m 以下（本実施形態では 600 n m ）である。なお、拡散阻止層は T i 層に代えて N i 層としてもよい。そして、該 T i 層 10 d の全面を覆う形で、これと接するように主金属層 10（A u 系層）が配置されている。なお、本実施形態において A u 系層は、

純AuもしくはAu含有率が95質量%以上のAu合金よりなる。

【0039】

発光層部24からの光は、光取出面側に直接放射される光に、主金属層10による反射光が重畳される形で取り出される。主金属層10の厚さは、反射効果を十分に確保するため、80nm以上とすることが望ましい。また、厚さの上限には制限は特にないが、反射効果が飽和するため、コストとの兼ね合いにより適当に定める（例えば1 μ m程度）。

【0040】

以下、図1の発光素子100の製造方法について説明する。

まず、図2の工程1に示すように、発光層成長用基板をなす半導体単結晶基板であるGaAs単結晶基板1の主表面に、p型GaAsバッファ層2を例えば0.5 μ m、AlAsからなる剥離層3を例えば0.5 μ m、さらにp型AlGaAsよりなる電流拡散層20を例えば5 μ m、この順序にてエピタキシャル成長させる。また、その後、発光層部24として、1 μ mのp型AlGaInPクラッド層6、0.6 μ mのAlGaInP活性層（ノンドープ）5、及び1 μ mのn型AlGaInPクラッド層4を、この順序にてエピタキシャル成長させる。

【0041】

次に、工程2に示すように、発光層部24の主表面に、AuGeNi接合金属層32を分散形成する。AuGeNi接合金属層32を形成後、次に、350℃以上500℃以下の温度域で合金化熱処理を行なう。その後、AuGeNi接合金属層32を覆うように第一Au系層10aを形成する。発光層部24とAuGeNi接合金属層32との間には、上記合金化熱処理により合金化層が形成され、直列抵抗が大幅に低減される。他方、工程3に示すように、別途用意したSi単結晶基板7（n型）の両方の主表面に基板側接合金属層となるAuSb接合金属層31、16（前述の通りAuSn接合金属層でもよい）を形成し、100℃以上500℃以下の温度域で合金化熱処理を行なう。そして、AuSb接合金属層31上には、Ti層10d（厚さ：例えば600nm）及び第二Au系層10bをこの順序にて形成する。また、AuSb接合金属層16上には裏面電極層15（例えばAu系金属よりなるもの）を形成する。以上の工程で各金属層は、ス

パタリングあるいは真空蒸着等を用いて行なうことができる。

【0042】

そして、工程4に示すように、Si単結晶基板7側の第二Au系層10bを、発光層部24上に形成された第一Au系層10aに重ね合わせて圧迫して、80℃以上500℃以下、例えば200℃にて貼り合せ熱処理することにより、基板貼り合わせ体50を作る。Si単結晶基板7は、第一Au系層10a及び第二Au系層10bを介して発光層部24に貼り合わせられる。また、第一Au系層10aと第二Au系層10bとは上記貼り合せ熱処理により一体化して主金属層10となる。第一Au系層10a及び第二Au系層10bが、いずれも酸化しにくいAuを主体に構成されているため、上記貼り合せ熱処理は、例えば大気中でも問題なく行なうことができる。

【0043】

さらに、第二Au系層10bとSi単結晶基板7（AuSb接合金属層31）との間には、拡散阻止層として機能するTi層10dが介挿されている。上記貼り合せ熱処理時にSi単結晶基板7から第二Au系層10bに向けたSi成分の拡散が上記Ti層10dによりブロックされ、第二Au系層10bひいては貼り合わせにより一体化した主金属層10側へのSi成分の染み出しが効果的に抑制される。その結果、最終的に得られる主金属層10（Au系層）の反射面が、Au-Siの共晶反応により乱れたり、あるいはSi成分によるAu系層自体が黒く着色したりする不具合が防止され、良好な反射率を実現することができる。また、主金属層10によるSi単結晶基板7と発光層部（化合物半導体層）24との貼り合せ強度も高く維持できる。

【0044】

次に、工程5に進み、上記基板貼り合わせ体50を、例えば10%フッ酸水溶液からなるエッチング液に浸漬し、バッファ層2と発光層部24との間に形成したAlAs剥離層3を選択エッチングすることにより、GaAs単結晶基板1（発光層部24からの光に対して不透明である）を、発光層部24とこれに接合されたSi単結晶基板7との積層体50aから剥離する。なお、AlAs剥離層3に代えてAlInPよりなるエッチストップ層を形成しておき、GaAsに対し

て選択エッチング性を有する第一エッチング液（例えばアンモニア／過酸化水素混合液）を用いてGaAs単結晶基板1をGaAsバッファ層2とともにエッチング除去し、次いでAlInPに対して選択エッチング性を有する第二エッチング液（例えば塩酸：Al酸化層除去用にフッ酸を添加してもよい）を用いてエッチストップ層をエッチング除去する工程を採用することもできる。このように、発光層成長用基板を全てエッチングにより除去することも、「剥離」の概念に属するものとする。

【0045】

そして、工程6に示すように、GaAs単結晶基板1の剥離により露出した電流拡散層20の主表面の一部を覆うように、ワイヤボンディング用の電極9（ボンディングパッド：図1）を形成する。以下、通常の方法によりダイシングして半導体チップとし、これを支持体に固着してリード線のワイヤボンディング等を行なった後、樹脂封止をすることにより最終的な発光素子が得られる。

【0046】

以上の実施形態では、第一Au系層10aが反射面を形成していたが、図3の発光素子200のごとく、第一Au系層10aと発光層部24との間にAg系層10cを介挿することもできる。この場合、発光層部側接合金属層は、Au系接合金属層に代えてAgGeNi（例えばGe：15質量%、Ni：10質量%）よりなるAg系接合金属層132を分散形成する。その他の部分については、図1の発光素子100と同一である。図4は、その製造工程の一例を示すものである。図2の製造工程との相違点は、工程2においてAu系接合金属層32に代えてAg系接合金属層132を分散形成し、350℃以上660℃以下の温度域で合金化熱処理を行ない、その後、Ag系層10c及び第一Au系層10aをこの順序で形成する点にある。これ以外は、基本的に図2と同じである。

【0047】

なお、発光層成長用基板をエッチングにより剥離（除去）する際に、そのエッチング液によりAg系層10cが腐食を受ける可能性がある場合は、次のようにするとよい。すなわち、工程3に示すように、Ag系層10cと接する第一Au系層10aを、第一Au系層10aの外周縁よりもAg系層10cの外周縁が内

側に位置するように、A g 系層 10 c よりも大面積にて形成する。これにより、A g 系層 10 c は第一 A u 系層 10 a に包まれる形となり、A g 系層 10 c の外周面が、耐食性の高い第一 A u 系層 10 a の外周縁部 10 e により保護されるので、工程 5 において、発光層成長用基板（G a A s 単結晶基板 1）をエッチングしても、その影響が A g 系層 10 c に及びにくくなる。G a A s 単結晶基板 1 を発光層成長用基板として用い、これをアンモニア／過酸化水素混合液をエッチング液として用いて溶解・除去する場合、A g は該エッチング液に特に腐食されやすいが、上記の構造を採用すれば、問題なく G a A s 単結晶基板 1 を溶解除去できる。

【0048】

また、発光層部 24 の各層は、A l G a I n N 混晶により形成することもできる。発光層部 24 を成長させるための発光層成長用基板は、G a A s 単結晶基板に代えて、例えばサファイア基板（絶縁体）や S i C 単結晶基板が使用される。また、発光層部 24 の各層は、上記実施形態では、基板側から n 型クラッド層 4、活性層 5 及び p 型クラッド層 6 の順になっていたが、これを反転させ、基板側から p 型クラッド、活性層及び n 型クラッド層の順に形成してもよい。

【0049】

また、図 5（工程 3）に示すように、A u 系層（主金属層）10 を S i 単結晶基板 7（素子基板）と発光層部 24（化合物半導体層）とのいずれか一方の側（図 5 では S i 単結晶基板 7 側）にのみ形成して貼り合せを行なってもよい。この場合、貼り合せ熱処理温度（工程 4）は、200℃以上 700℃以下と、図 2 と比較して多少高く設定しなければならないが、拡散阻止層として T i 層（あるいは N i 層）10 d を配置することにより、A u 系層（主金属層）10 への S i の拡散は十分抑制できるので、問題なく貼り合わせを行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の適用対象となる発光素子の第一実施形態を積層構造にて示す模式図。

【図 2】

図 1 の発光素子の、製造工程の一例を示す説明図。

【図 3】

本発明の適用対象となる発光素子の第二実施形態を積層構造にて示す模式図。

【図 4】

図 3 の発光素子の、製造工程の一例を示す説明図。

【図 5】

図 1 の発光素子の、製造工程の別例を示す説明図。

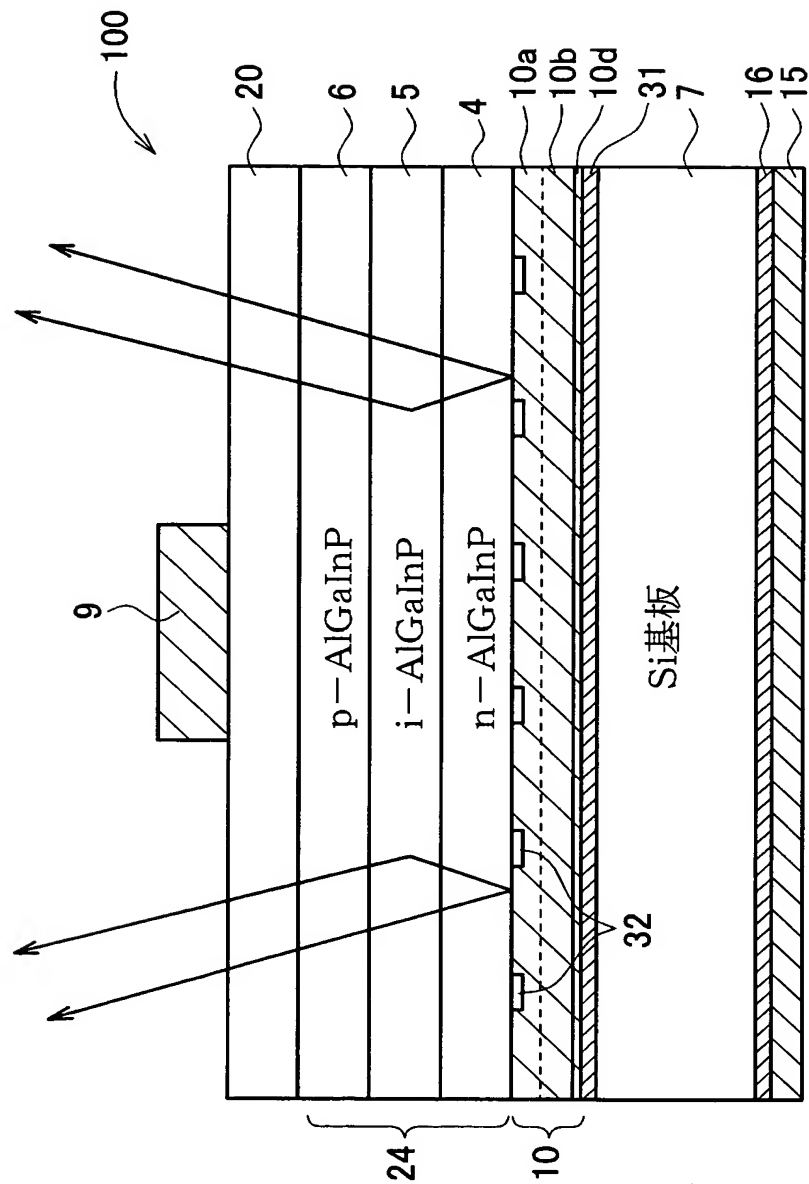
【図 6】

種々の金属における反射率を示す図。

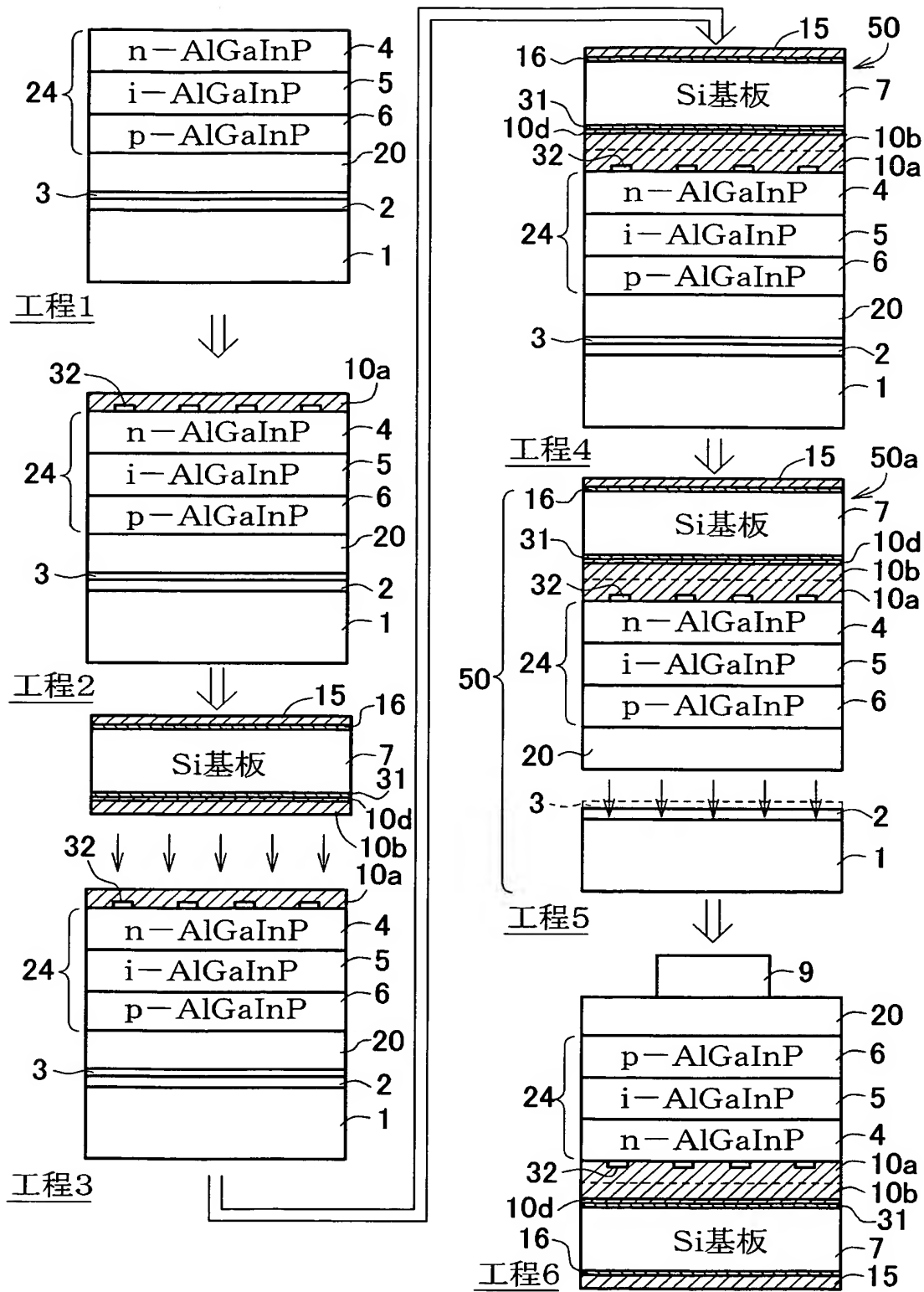
【符号の説明】

- 1 G a A s 単結晶基板（発光層成長用基板）
- 4 n 型クラッド層（第二導電型クラッド層）
- 5 活性層
- 6 p 型クラッド層（第一導電型クラッド層）
- 7 S i 単結晶基板（素子基板）
- 9 金属電極
- 10 Au 系層
- 10 a 第一 Au 系層
- 10 b 第二 Au 系層
- 10 c A g 系層
- 10 d T i 層（拡散阻止層）
- 24 発光層部
- 31 A u S b 層（基板側接合金属層）
- 32 A u G e N i 接合金属層 31（発光層部側接合金属層）
- 100, 200 発光素子

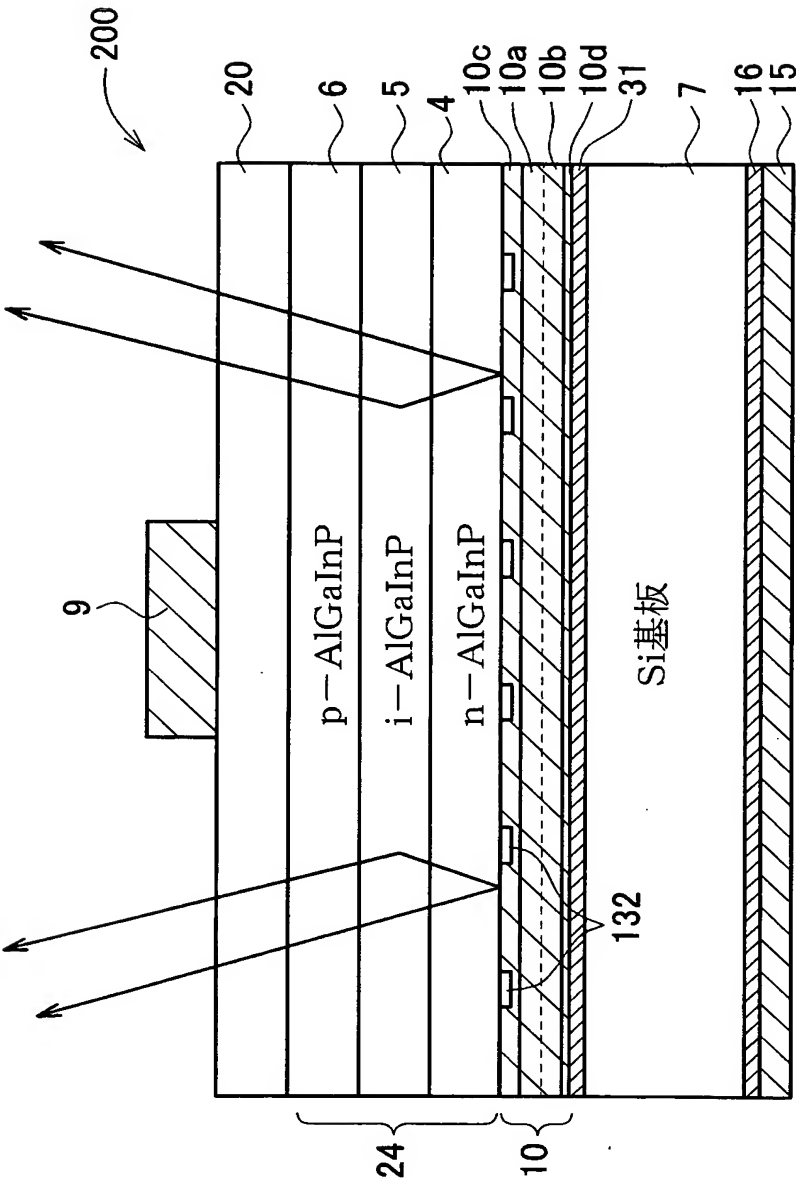
【書類名】 図面
【図 1】



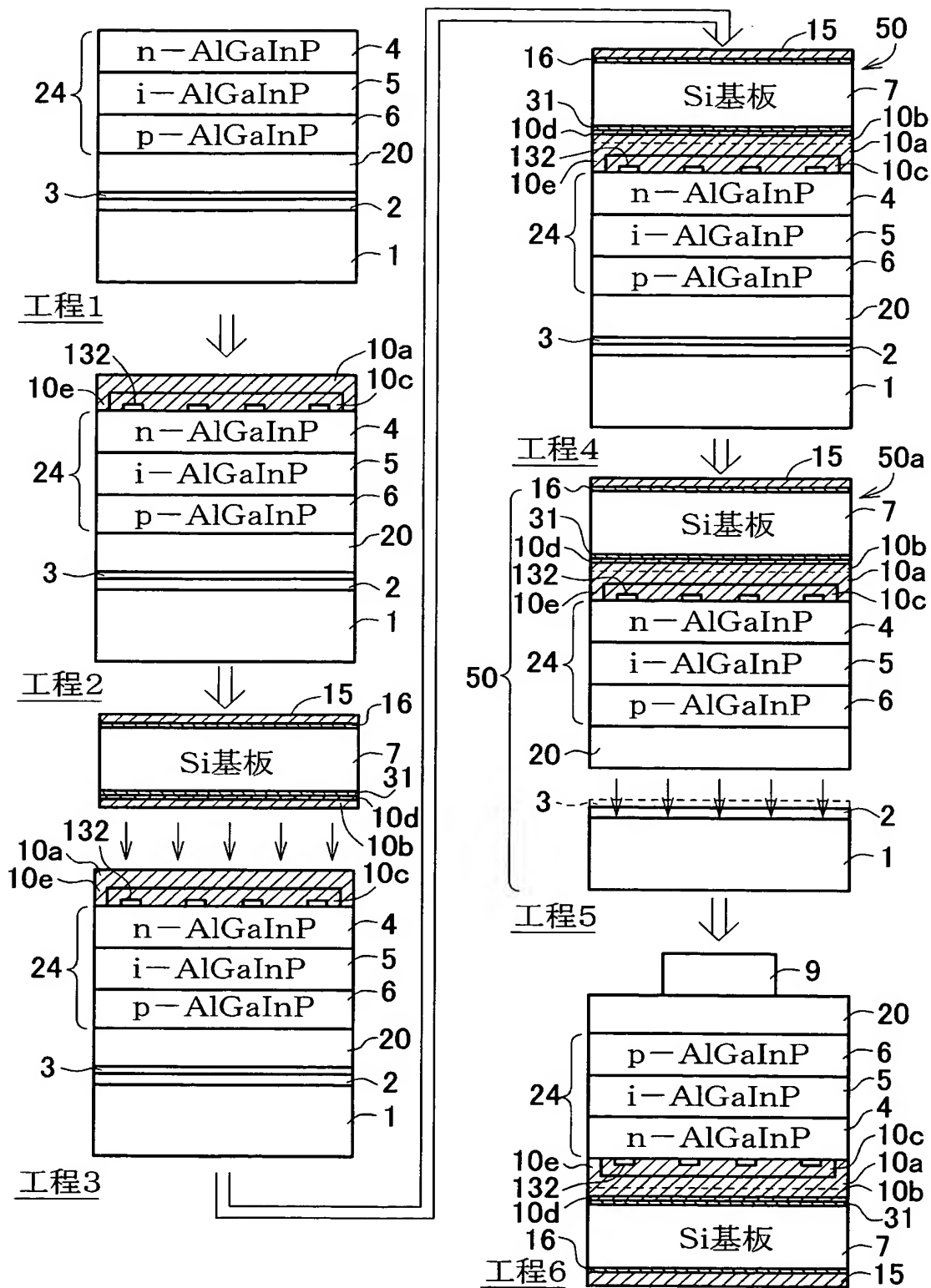
【図2】



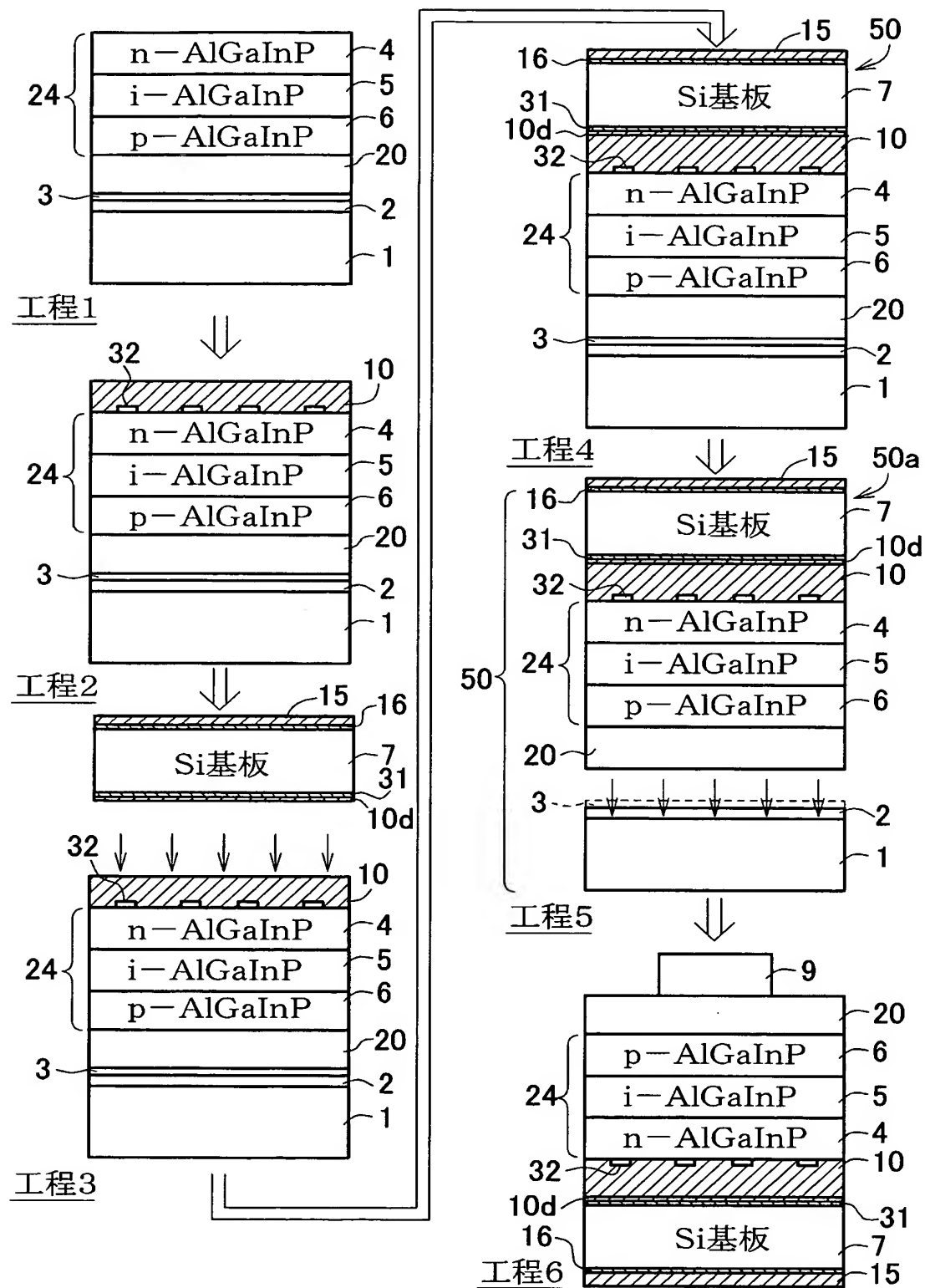
【図 3】



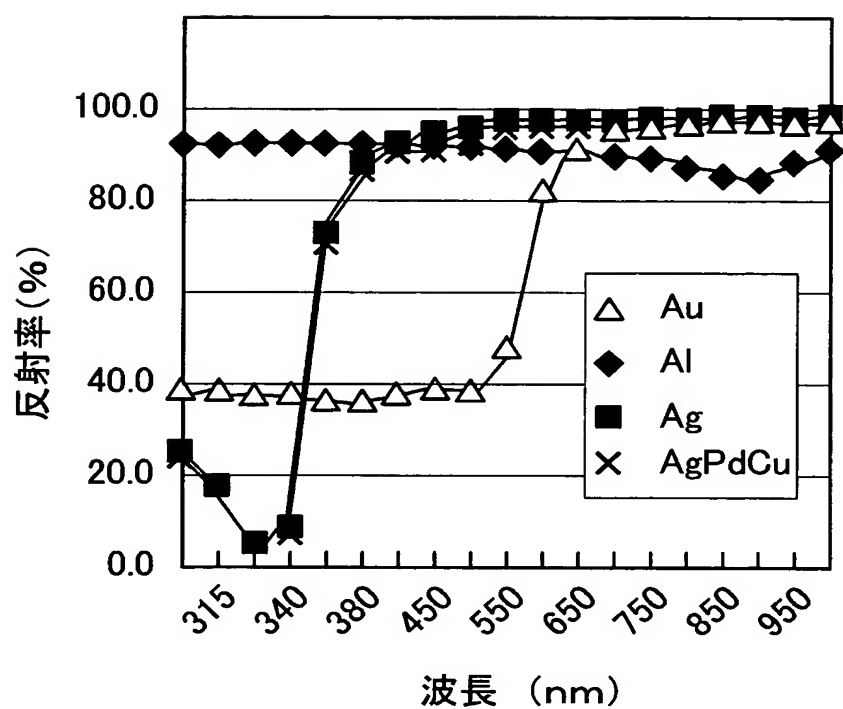
【図4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 金属層を介して発光層部と素子基板とを貼り合せた構造を有する発光素子において、貼り合せ熱処理時における素子基板と金属層との冶金的な反応を効果的に防止でき、ひいては、該反応による貼り合せ強度や反射率の低下などによる不良を生じにくい発光素子の製造方法を提供する。

【解決手段】 素子基板 7 の化合物半導体層 24 を結合する側の主表面に、導電性材料にて構成され、かつ、素子基板 7 に由来した成分の主金属層への拡散を阻止する拡散阻止層 10 d を形成する。化合物半導体層 24 の主表面、及び素子基板 7 に形成された拡散阻止層 10 d の主表面の少なくともいずれかに主金属層 10 a, 10 b を形成する。その後、素子基板 7 と化合物半導体層 24 とを、拡散阻止層 10 d 及び主金属層 10 a, 10 b を介して重ね合わせ、その状態で貼り合わせ熱処理することにより、拡散阻止層 10 d 及び主金属層 10 を介してそれら素子基板 7 と化合物半導体層 24 とを貼り合わせる。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 3 - 0 2 3 4 3 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 1 9 0 1 4 9]

1 . 変 更 年 月 日

1 9 9 0 年 8 月 7 日

[変 更 理 由]

新 規 登 録

住 所

東 京 都 千 代 田 区 丸 の 内 1 丁 目 4 番 2 号

氏 名

信 越 半 導 体 株 式 会 社